

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES ✓
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

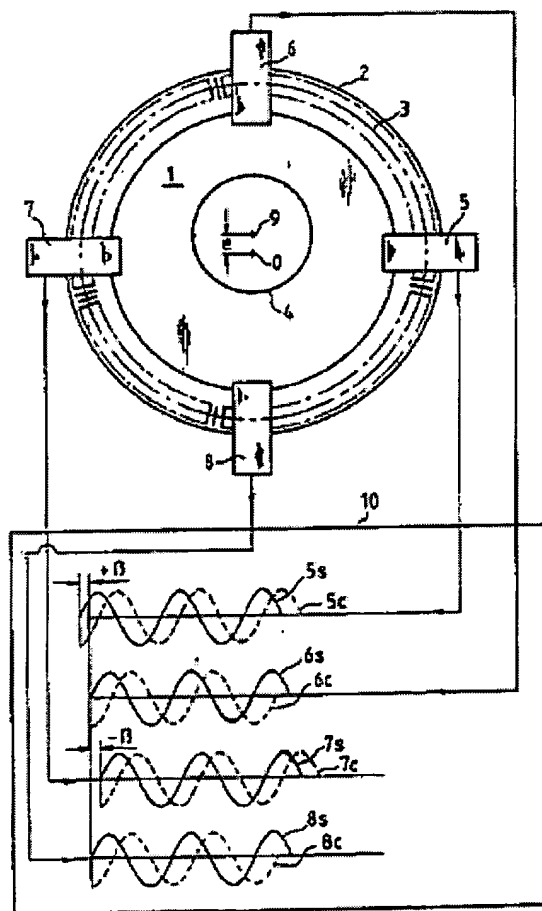
**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Winkelmesseinrichtung mit mehreren Abtaststellen

Patent number: DE4402401
Publication date: 1995-08-03
Inventor: FEICHTINGER KURT (DE)
Applicant: HEIDENHAIN GMBH DR JOHANNES (DE)
Classification:
 - international: G01B21/22; G01D5/244; G01B11/26
 - european: G01D5/244D, G01D5/245B
Application number: DE19944402401 19940127
Priority number(s): DE19944402401 19940127

Abstract of DE4402401

The circular protractor (1) for e.g. setting the relative orientation of a workpiece w.r.t. a machine tool is formed from a circular plate (2) inscribed with the calibration seal (3) having a centre (B). A spindle or shaft of the machine tool having an axis (9) carries the plate (2) and due to imperfect alignment of the assembly a resultant eccentricity (e) exists between the centres (0,9). In order to compensate for errors due to this eccentricity four scanning heads generate sinusoidal signals for comparison by a unit (10) in which their respective phase differences enable compensation for the eccentricity (e) and evaluation of an absolute result.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 44 02 401 C 2

⑤1 Int. Cl.⁸:
G 01 B 21/22
G 01 D 5/244
G 01 B 11/26

②1 Aktenzeichen: P 44 02 401.0-52
②2 Anmeldetag: 27. 1. 94
④3 Offenlegungstag: 3. 8. 95
④6 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 22. 5. 97

DE 44 02 401 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Dr. Johannes Heidenhain GmbH, 83301 Traunreut,
DE

⑦2 Erfinder:

Feichtinger, Kurt, 83349 Palling, DE

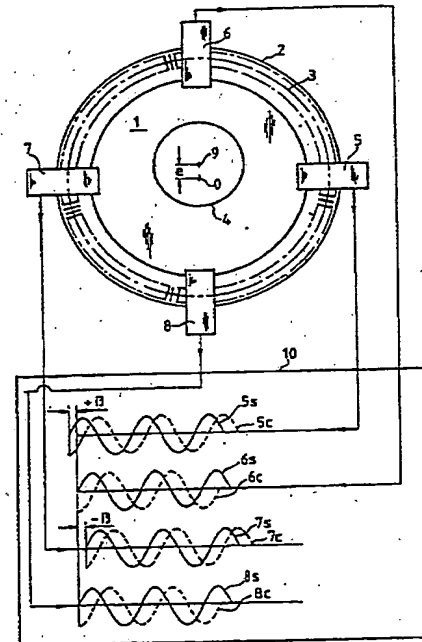
⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 39 14 557 A1
DE 37 26 260 A1
DE-OS 18 11 961
US 45 80 047

Measurement Techniques Vol. 29/6, 1986, S. 501-505;

⑤4 Winkelmeßeinrichtung mit mehreren Abtaststellen

⑤7 Winkelmeßeinrichtung (1) mit einer um einen Drehpunkt (9) drehbaren Teilscheibe (2) die eine inkrementale Winkelteilung (3) mit dem Mittelpunkt (0) trägt und die von mehreren, am Umfang der Teilscheibe (2) angeordneten Abtasteinheiten (5, 7; 6, 8) abgetastet wird, welche zueinander phasenverschobene Abtastsignale (5_s, 5_c, 7_s, 7_c; 6_s, 6_c; 8_s, 8_c) erzeugen, wobei der Mittelpunkt (0) der inkrementalen Winkelteilung (3) und der Drehpunkt (9) der Teilscheibe (2) zueinander um eine vorgegebene Exzentrizität (e) verlagert sind, und mit einer Auswerteeinheit (10), welche die Absolutposition der inkrementalen Winkelteilung (3) aus der Lage der Exzentrizität (e) der inkrementalen Winkelteilung (3) gegenüber den Abtasteinheiten (5, 7; 6, 8) bestimmt.



DE 44 02 401 C 2

Die Erfindung betrifft eine Winkelmeßeinrichtung mit einer um einen Drehpunkt drehbaren Teilscheibe, die eine inkrementale Winkelteilung trägt und die von mehreren, am Umfang der Teilscheibe angeordneten Abtasteinheiten abgetastet wird.

Derartige Winkelmeßeinrichtungen werden insbesondere bei Bearbeitungsmaschinen zur Messung der Relativlage eines Werkzeuges bezüglich eines zu bearbeitenden Werkstückes sowie bei Koordinatenmeßmaschinen zur Ermittlung von Lage und/oder Abmessungen von Prüfobjekten eingesetzt.

Unter Winkelmeßeinrichtungen subsummiert man sowohl absolute als auch inkrementale — also relative — Winkelmeßeinrichtungen, bei denen die Teilung eines Teilungsträgers von einer Abtasteinheit zur Erzeugung von periodischen Abtastsignalen abgetastet wird, aus denen in einer Auswerteeinrichtung Meßwerte für die Relativlage der beiden zueinander verschiebbaren Objekte, beispielsweise des Werkzeuges und des Werkstückes bzw. der beiden zugehörigen Maschinenteile der Bearbeitungsmaschine, gewonnen werden.

Bei einer Winkelmeßeinrichtung kann die Teilung des Teilungsträgers aber partielle Teilungsungenauigkeiten aufweisen. Zudem können Exzentrizitäten zwischen der Winkelteilung und der Drehachse der beiden zu messenden Objekte auftreten. Diese vorgenannten Störeinflüsse können aber negative Auswirkungen auf die geforderte Meßgenauigkeit haben. Bei derartigen Positionsmesseinrichtungen können aber diese negativen Störeinflüsse auf die Meßgenauigkeit dadurch weitgehend vermieden werden, daß die Teilung des Teilungsträgers von mehreren Abtasteinheiten beispielsweise an zwei oder vier Abtaststellen abgetastet und die von den Abtasteinheiten erzeugten periodischen Abtastsignale gleicher Phasenlage einander analog überlagert werden. Durch diese analoge Überlagerung der periodischen Abtastsignale können partielle Teilungsungenauigkeiten ausgemittelt werden. Mit zwei Abtasteinheiten können bei einer Winkelmeßeinrichtung Exzentrizitätsfehler und mit zwei weiteren Abtasteinheiten der sogenannte 2 ϕ -Fehler der Teilscheibe eliminiert werden.

Die US 4,580,047 beschreibt eine Winkelmeßeinrichtung mit zwei Abtasteinheiten an zwei diametral gegenüberliegenden Abtaststellen zur Eliminierung von Exzentrizitätsfehlern und zur Überwachung der Phasenlage der periodischen Abtastsignale.

Die DE-OS 18 11 961 offenbart ebenfalls eine Winkelmeßeinrichtung mit zwei Abtasteinheiten an zwei diametral gegenüberliegenden Abtaststellen, deren periodische Abtastsignale einander in analoger Form additiv überlagert werden, so daß neben der Unwirksammachung von eventuellen Teilungsungenauigkeiten der Teilscheibe auch Exzentrizitätsfehler der Lagerung der Teilscheibe eliminiert werden.

Die z. B. bei der Doppelabtastung der Winkelteilung einer Winkelmeßeinrichtung mittels der beiden Abtasteinheiten an den beiden Abtaststellen gewonnenen zwei periodischen Abtastsignale gleicher Phasenlage weisen im theoretischen Fall einer nicht vorhandenen Exzentrizität keine gegenseitige Phasenverschiebung auf. Die praktisch immer vorhandene Exzentrizität bewirkt jedoch eine gegenseitige Phasenverschiebung der beiden periodischen Abtastsignale, die bis zu einem gewissen Grad ohne nachteilige Auswirkung auf die Meßgenauigkeit zugelassen werden kann; die noch zulässige Exzentrizität sollte daher ein Zehntel der Gitterkonstanten

(Periodenlänge) der Winkelteilung nicht überschreiten. Bei Überschreitung dieses Grenzwertes besteht die Gefahr, daß das analoge Summensignal der beiden periodischen Abtastsignale zu klein wird. Beträgt die Exzentrizität ein Viertel der Gitterkonstanten der Winkelteilung, so eilen das erste periodische Abtastsignal der ersten Abtasteinheit an der ersten Abtaststelle um 90° in der Phase vor und das zweite Abtastsignal der zweiten Abtasteinheit an der zweiten Abtaststelle um 90° in der Phase nach, so daß die beiden periodischen Abtastsignale einen gegenseitigen Phasenunterschied um 180° aufweisen, der zu einer Auslöschung ihres Summensignales führt, so daß kein Meßwert gebildet werden kann.

Die Gefahr der Überschreitung dieses Grenzwertes besteht insbesondere bei großen Beschleunigungen durch Stöße oder Vibrationen der Bearbeitungsmaschine bei einer Werkstückbearbeitung. In diesem Fall ist die Doppelabtastung, die im Normalbetrieb zur Erhöhung der Meßgenauigkeit dient, von Nachteil, da die beiden periodischen Abtastsignale bei ihrer Summenbildung sich gegenseitig ganz oder zumindest teilweise aufheben können, so daß fehlerhafte Meßergebnisse die Folge sind.

In der DE 37 26 260 A1 ist eine Winkelmeßeinrichtung mit mehreren Abtasteinheiten an mehreren Abtaststellen beschrieben, bei der die durch eine vorliegende Exzentrizität bedingten gegenseitigen Phasenverschiebungen der gewonnenen periodischen Abtastsignale überprüft werden. Ergibt diese Überprüfung der gegenseitigen Phasenverschiebungen der periodischen Abtastsignale der verschiedenen Abtasteinheiten an den zugehörigen Abtaststellen eine unzulässige Überschreitung eines vorgegebenen Toleranzbereiches, so werden die periodischen Abtastsignale der verschiedenen Abtasteinheiten mittels einer Steuereinrichtung ungleich gewichtet; dabei werden die Amplitude des einen periodischen Abtastsignales vergrößert und die Amplitude des anderen periodischen Abtastsignales verringert, so daß eine teilweise oder sogar ganze Aufhebung bei ihrer Summenbildung vermieden wird. Diese Positionsmesseinrichtung ist aber wegen der Steuereinrichtung zur Gewichtung der periodischen Abtastsignale relativ aufwendig aufgebaut.

Aus der DE 39 14 557 A1 ist eine ähnliche Winkelmeßeinrichtung bekannt. Anstelle der ungleichen Wichtung der Amplituden der Abtastsignale wird bei einer unzulässig großen Exzentrizität die Position nur aus Abtastsignalen einer einzigen Abtasteinheit gewonnen.

Mit keiner der vorbeschriebenen inkrementalen — also relativ messenden — Winkelmeßeinrichtungen ist eine absolute Positionsbestimmung der relativ zueinander beweglichen Elemente möglich.

In der Zeitschrift: Measurement Techniques Vol. 29/6, 1986, Seiten 501 bis 505 ist eine absolute Winkelmeßeinrichtung beschrieben, bei der die Absolutposition durch Abtastung von drei Codespuren unterschiedlicher Auflösung gewonnen wird. Die größte Spur ist ein exzentrisch zur Rotationsachse angeordneter transparenter Ring.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Positionsmesseinrichtung der eingangs genannten Gattung anzugeben, bei der aus den periodischen Abtastsignalen mehrerer Abtasteinheiten an mehreren Abtaststellen die Absolutposition der relativ zueinander beweglichen, zu messenden Objekte ermittelt werden kann und die eine hohe Genauigkeit aufweist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen darin, daß bei einer Winkelmeßeinrichtung durch eine entsprechende Auswertung der Meßwerte der einzelnen Abtasteinheiten mittels wenigstens einem resultierenden Signal die Lage der Exzentrizität und damit die Absolutposition des Teilkreises ermittelt werden kann, wobei durch eine Mehrfachabtastung mit vier Abtasteinheiten der Exzentrizitätsfehler eliminiert und die Genauigkeit gesteigert wird.

Vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung entnimmt man den Unteransprüchen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 eine Winkelmeßeinrichtung mit vier Abtasteinheiten und einer Auswerteeinrichtung,

Fig. 2 das Prinzip der Erfindung anhand von schematischen Darstellungen 2a bis 2c und

Fig. 3 eine mögliche Variante.

In Fig. 1 ist eine Winkelmeßeinrichtung 1 schematisch dargestellt, bei der eine Teilscheibe 2 mit einer Winkelteilung 3 an einer Welle 4 befestigt ist, die mit einem nicht gezeigten drehbaren Objekt, beispielsweise einer Spindel eines Maschinentisches einer Bearbeitungsmaschine, verbunden ist. Zwei Gruppen 5, 7; 6, 8 von jeweils einander diametral gegenüberliegenden Abtasteinheiten 5, 7; 6, 8 sind mit einem nicht gezeigten stationären Objekt, beispielsweise dem Bett der Bearbeitungsmaschine, verbunden und tasten die Winkelteilung 3 der Teilscheibe 2 zur Erzeugung jeweils zweier periodischer Abtastsignale $5_s, 5_c, 7_s, 7_c; 6_s, 6_c; 8_s, 8_c$ bei einer Drehung der Teilscheibe bezüglich der vier Abtasteinheiten 5, 7; 6, 8 ab. Die beiden periodischen Abtastsignale $5_s, 5_c$ der ersten Abtasteinheit 5 und die jeweils beiden periodischen Abtastsignale $7_s, 7_c; 6_s, 6_c; 8_s, 8_c$ der weiteren Abtasteinheiten 7; 6, 8 weisen jeweils einen gegenseitigen Phasenversatz um 90° auf, der in bekannter Weise zur Diskriminierung der Drehrichtung der Teilscheibe 2 dient. Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird jeweils nur eines der Abtastsignale $5_s, 7_s; 6_s, 8_s$ der Abtasteinheiten 5, 7; 6, 8 erörtert.

Der Mittelpunkt 0 der Teilscheibe 2 bzw. die Winkelteilung 3 mögen gegenüber der Drehachse 9 der Welle 4 eine Exzentrizität e aufweisen. Diese Exzentrizität e kann durch eine unvollkommene Zentrierung des Mittelpunktes 0 der Teilscheibe 2 bzw. der Winkelteilung 3 bezüglich der Drehachse 9 der Welle 4 oder durch Lagerfehler der Welle 4 oder durch Beschleunigungen infolge von Erschütterungen oder Vibrationen der Bearbeitungsmaschine, die die Teilscheibe 2 momentan — aus ihrer — Mittenlage entfernen, bewirkt sein.

Sie kann aber auch — und das ist für die Erfindung von Bedeutung — gezielt vorgegeben sein.

Durch diese Exzentrizität e wird eine Phasenverschiebung 2β wirksam, die so zu verstehen ist, daß die beiden periodischen Abtastsignale $5_s, 7_s$ der ersten und dritten Abtasteinheit 5, 7 beispielsweise um die Phasenverschiebung $+\beta$ voreilen beziehungsweise $-\beta$ nacheilen und die beiden periodischen Abtastsignale $6_s, 8_s$ der zweiten und vierten Abtasteinheit 6, 8 keine Phasenverschiebung bezogen jeweils auf die geforderten Phasenlagen $0^\circ, 90^\circ$ bei nicht vorhandener Exzentrizität e aufweisen.

Dies erklärt sich daraus, daß bei einer wirksamen Exzentrizität e in einer Koordinatenrichtung in der dazu rechtwinkligen Koordinatenrichtung die Exzentrizität maximal erkennbar ist, jedoch in der Koordinatenrichtung, in der die Exzentrizität wirksam ist, jedoch nicht

erkennbar ist.

In entsprechender Weise gilt das Vorstehende auch für die Signale der beiden diametralen Abtasteinheiten 6 und 8.

Die Lage der Exzentrizität e zu den diametralen Abtasteinheiten 5, 7; 6, 8 ist also ein Maß für die Absolutposition der Winkelteilung 3.

Aus den genannten Phasenverschiebungen der Abtastsignale zueinander läßt sich in der Auswerteeinheit 10 ein resultierendes Signal erzeugen, das einen weitgehend sinusförmigen Verlauf hat. Dieses Signal wird in Abhängigkeit von der Auflösung der Winkelteilung 3 so fein unterteilt, daß ein eindeutiger Anschluß der inkrementalen Signale an das resultierende Signal möglich ist.

Anhand der schematischen Darstellungen in der Fig. 2 mit ihren Teilfiguren 2A bis 2E wird erläutert, wie die Absolutposition aus der Exzentrizität e hergeleitet wird. In Teilfigur 2A ist eine schematisierte Winkelmeßeinrichtung 1 gemäß Fig. 1 dargestellt. Die Teilscheibe 2 bzw. die Winkelteilung 3 ist exzentrisch um einen Drehpunkt 9 gelagert, so daß der Mittelpunkt 0 der Winkelteilung 3 um eine Exzentrizität e vom Drehpunkt 9 abweicht. Von den vier Abtasteinheiten 5, 7; 6, 8 werden Abtastsignale $5_s, 5_c, 7_s, 7_c; 6_s, 6_c; 8_s, 8_c$ in der zu Fig. 1 vorgeschriebenen Weise erzeugt. Zur Vereinfachung der nachstehenden Erläuterungen sei hier — wie bereits erwähnt — nur auf die Verhältnisse zwischen jeweils einem der Abtastsignale 0° bzw. 90° der Abtasteinheiten 5, 7; 6, 8 eingegangen, da sich die Gegebenheiten sinngemäß entsprechen.

In den Teilfiguren 2B, 2C, 2D ist die Teilscheibe 2 mit der Winkelteilung 3 jeweils um 90° gegenüber der Vorposition gedreht dargestellt, was eine um die Exzentrizität e verschobene Lage der Winkelteilung 3 gegenüber den Abtasteinheiten 5, 6, 7 und 8 zeigt.

In linearer Darstellung wird dies in der Teilfigur 2E nochmals für die verschiedenen Abtasteinheiten 5, 6, 7, 8 und Winkelpositionen bis zu einer vollen Umdrehung bzw. vollen Periode von 360° gezeigt.

Die linear aufgetragene Winkelteilung zeigt für jeden Drehwinkel von $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ, 360^\circ$ die Lage zur jeweiligen Abtasteinheit 5, 6, 7, 8 unter Einwirkung der Exzentrizität e , was zu der in Fig. 1 dargestellten Phasenverschiebung $+\beta, 0, -\beta, 0$ der Abtastsignale $5_s, 5_c, 7_s, 7_c; 6_s, 6_c; 8_s, 8_c$ führt.

Daraus wird ersichtlich, daß bei der Abtastung einer inkrementalen Winkelteilung 3 mit mehreren Abtasteinheiten 5, 6, 7, 8 jederzeit die absolute Winkelposition ermittelt werden kann, da die Phasenverschiebung zwischen den Abtastsignalen $5_s, 6_s, 7_s, 8_s$ oder $5_c, 6_c; 7_c; 8_c$ direkt von der Exzentrizität e abhängig ist.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 zeigt, daß die Abtasteinheiten (53, 73; 63, 83) nicht zwangsläufig diametral angeordnet sein müssen, wobei die Gruppen nicht im rechten Winkel zueinander stehen müssen. Die mit den Bauelementen gemäß Fig. 1 gleichartigen Bauelemente tragen die gleichen Bezugszeichen wie dort, die jedoch um den Figuren-Index ergänzt sind. Zur Bestimmung der absoluten Position der Winkelteilung 33 muß in der Auswerteeinheit 103 ein Rechner installiert sein, der die Lagebeziehungen der Abtasteinheiten 53, 73; 63, 83 zueinander rechnerisch berücksichtigt und den Positionswert korrigiert.

Patentansprüche

1. Winkelmeßeinrichtung (1) mit einer um einen

Drehpunkt (9) drehbaren Teilscheibe (2) die eine inkrementale Winkelteilung (3) mit dem Mittelpunkt (0) trägt und die von mehreren, am Umfang der Teilscheibe (2) angeordneten Abtasteinheiten (5, 7; 6, 8) abgetastet wird, welche zueinander phasenverschobene Abtastsignale ($5_s, 5_c, 7_s, 7_c; 6_s, 6_c; 8_s, 8_c$) erzeugen, wobei der Mittelpunkt (0) der inkrementalen Winkelteilung (3) und der Drehpunkt (9) der Teilscheibe (2) zueinander um eine vorgegebene Exzentrizität (e) verlagert sind, und mit einer Auswerteeinheit (10), welche die Absolutposition der inkrementalen Winkelteilung (3) aus der Lage der Exzentrizität (e) der inkrementalen Winkelteilung (3) gegenüber den Abtasteinheiten (5, 7; 6, 8) bestimmt.

2. Winkelmeßeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestimmung der Absolutposition der inkrementalen Winkelteilung (3) gegenüber den Abtasteinheiten (5, 7; 6, 8) in der Auswerteeinheit (10) mittels der relativen Phasenverschiebung der Abtastsignale ($5_s, 6_s, 7_s, 8_s$ oder $5_c, 6_c; 7_c; 8_c$) zueinander erfolgt, aus der wenigstens ein resultierendes Signal gewonnen wird, welches die Lage der Exzentrizität (e) repräsentiert.

3. Winkelmeßeinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das resultierende Signal derart interpoliert wird, daß dessen Interpolationsschritte der Periode der inkrementalen Abtastsignale ($5_s, 6_s, 7_s, 8_s$ oder $5_c, 6_c; 7_c; 8_c$) entsprechen und synchron an diese angeschlossen werden können.

4. Winkelmeßeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtasteinheiten (5, 7; 6, 8) zwei Gruppen (5, 7) und (6, 8) bilden, von denen sich die Abtasteinheiten einer jeden Gruppe (5, 7 bzw. 6, 8) jeweils diametral gegenüberliegen und die Gruppen (5, 7; 6, 8) zueinander einen rechten Winkel einschließen.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

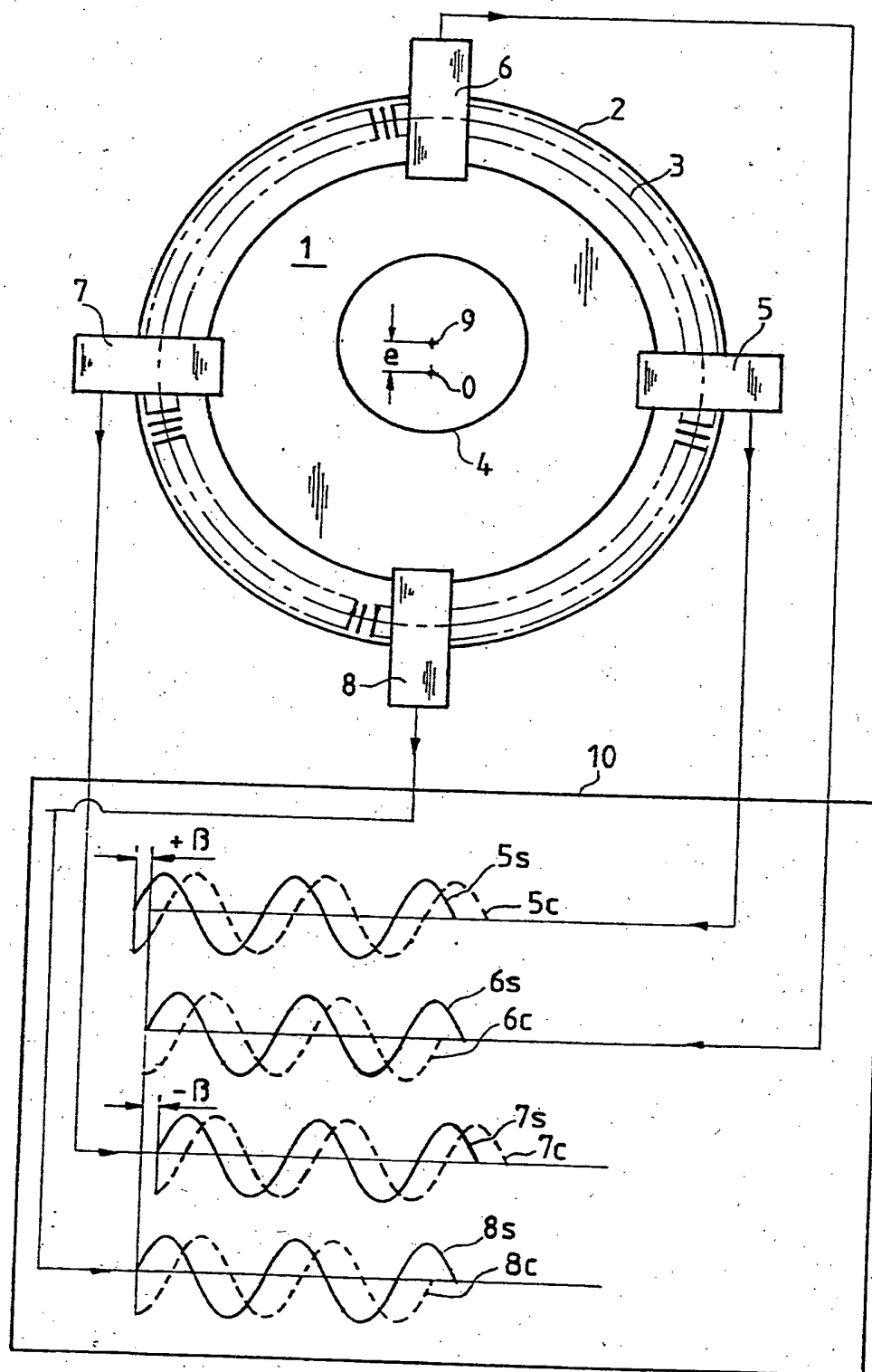


FIG. 3

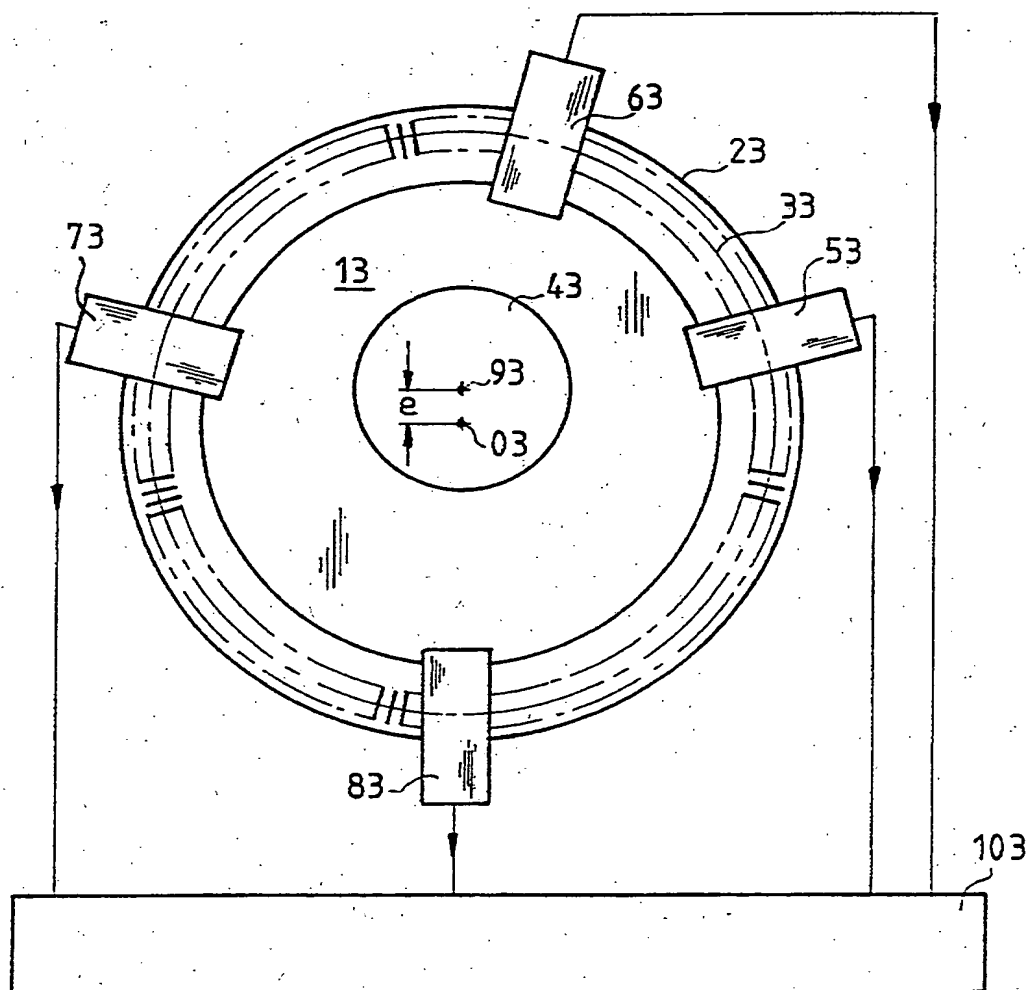


FIG. 2

